

# Statistisches Lernen vs. Regellernen im Spracherwerb

Barbara Höhle  
Universität Potsdam

# Statistisches Lernen

Welche Art von Merkmalen im Input sind für statistische Lernprozesse informativ?

– Distributionelle Information

- Häufigkeit des Auftretens bestimmter Merkmale:

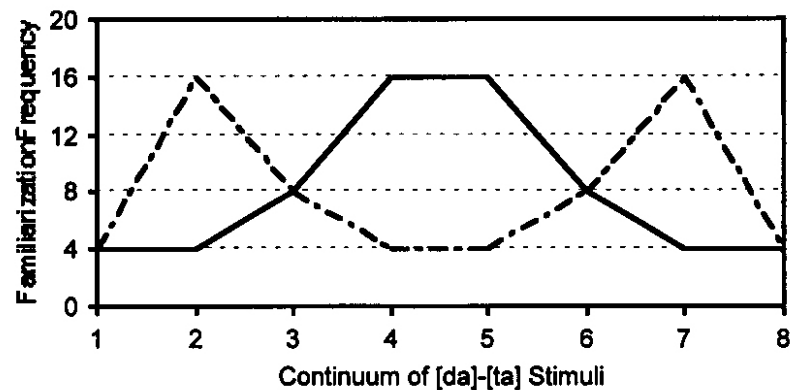
z. B. Bildung von Phonemkategorien

– Maye, Werker & Gerken, 2002:

- » 6 - 8 Monate alte Kinder wurden mit Exemplaren eines phonetischen Kontinuums (da – ta) trainiert
- » die Präsentationsrate im Training entsprach einer bimodalen oder einer unimodalen Verteilung

# Statistisches Lernen

– Maye, Werker & Gerken, 2002:



- » nur nach Training mit bimodaler Verteilung zeigten die Kinder in der Testphase Diskrimination von Exemplaren der beiden Endpunkte des Kontinuums

# Statistisches Lernen

- Welche Art von Merkmalen im Input sind für statistische Lernprozesse informativ?
  - Korrelationen
    - Welche Elemente treten in der gleichen Umgebung auf?  
z.B. Bildung von Kategorien
      - Höhle et al., 2004:
        - » 14 Monate alte Kinder nutzen das Auftreten eines Artikels für die syntaktische Kategorisierung eines folgenden unbekanntes Wortes
        - » Training: ein brind
        - » Test: das brind trinkt vs. das pferd brind;
        - » Kinder zeigen längere Aufmerksamkeit für den Gebrauch in der nicht familiarisierten Kategorie

# Statistisches Lernen

- Welche Art von Merkmalen im Input sind für statistische Lernprozesse informativ?
  - Übergangswahrscheinlichkeiten
    - Häufigkeit der Aufeinanderfolge zweier Elemente:
      - z. B. Erkennung von Wortgrenzen
        - Safran, Aslin & Newport, 1986
          - » Training mit einem kontinuierlichen Sprachstrom, bestehend aus 4 dreisilbigen Pseuowörtern in unterschiedlichen Reihenfolgen:  
**pabigutibudoGOLALUtaropiGOLALUtibudopabigutaropi**
          - » Übergangswahrscheinlichkeit zwischen „wortinternen“ Silben = 100%, zwischen „wortübergreifenden“ Silben = 30%
          - » Test: Präsentation von Zweisilbern mit 100% Übergangswahrscheinlichkeit (**pabigu**) und Zweisilbern mit 30% Übergangswahrscheinlichkeit (**gutibu**)
          - » 8 Monate alte zeigten Präferenz für seltenerere Kombinationen

# Statistisches Lernen

- Innerhalb des Spracherwerbs relevant für
  - Wortsegmentierung
  - Kategorisierung
    - Bildung von Phonemkategorien
    - Bildung von Wortkategorien, Zuordnung neuer Exemplare zu diesen Kategorien
- Keine sprachspezifischen Lernmechanismen
  - Nicht domänenspezifisch (Safran et al., 1999; Hunt & Aslin, 1996)
  - Nicht artspezifisch (Hauser et al., 2001)

# Regelerwerb

- Evidenz für den Erwerb von Regeln: Übertragung von gelernten Strukturen auf neues Material = Transfer
- Der klassische Testfall des Regellernen: Erwerb flexionsmorphologischer Systeme mit regelmäßigen und unregelmäßigen Formen
- U-förmiger Erwerbsverlauf (Ervin & Miller, 1963; Pinker & Prince, 1988):
  - Zunächst ausschließliche Verwendung korrekter regelmäßiger und unregelmäßiger Formen (go – went)
  - Übergeneralisierung der regelmäßigen Bildungsweise auf unregelmäßige Formen (goed)
  - Korrekte Verwendung regelmäßiger und unregelmäßiger Formen (go – went)

# Regelerwerb

- U-förmiger Erwerbsverlauf weist auf verschiedene Erwerbsphasen mit unterschiedlichen Lernmechanismen hin
  - >> dual mechanism account (z.B. Marcus et al., 1992; Prasada & Pinker, 1993):
    1. „rote“-learning: Speicherung vollständiger Wortformen als eigene lexikalische Wortformen >> ausschließlich korrekte Produktion
    2. Identifikation von regelhaften Mustern in den gespeicherten Formen, die als Prozeduren zur Kombination von Affixen und Stämmen repräsentiert werden (z.B. add /-ed/ to stem) >> kann zunächst zu Übergeneralisierungen führen
    3. Identifikation von unregelmäßigen Fällen, die als vollständige Formen im Lexikon repräsentiert werden und außerhalb der Regelmechanismen stehen



# Regelerwerb

- U-förmiger Erwerbsverlauf lässt sich auch im Rahmen konnektionistischer Modelle als Ausdruck eines einzigen Erwerbsmechanismus erklären
  - >> single mechanism accounts (z.B. Rumelhart & McClelland, 1986; Plunkett & Marchman, 1993)
- 1. Beziehung zwischen Stamm und verschiedenen Tempusformen wird nicht über Regeln repräsentiert, sondern über Beziehungen zwischen Knoten in einem Netzwerk
- 2. Bildung neuer Formen geschieht über Analogiebildung anhand phonologischer Übereinstimmungen: opp >> opped / stopp >> stopped
- 3. Daher zeigt sich auch in der unregelmäßigen Flexion eine Art „Produktivität“: sing-sang; ring-rang, drink-drank; keep-kept, feel-felt, deal-dealt, grow-grew, blow-blew, know-knew, die sich bei der Flexion „unbekannter“ Wörter durch Erwachsene widerspiegelt (z.B. spling>splung 47%; shink>shunk 24%; Bybee & Moder, 1983)

# Regelerwerb

- Regelerwerb im Säuglingsalter?
  - Sind Säuglinge in der Lage, über rein statistische Eigenschaften wie Übergangswahrscheinlichkeiten hinaus abstrakte Eigenschaften sprachlicher Reize zu erkennen und zu generalisieren?
    - Marcus et al., 1999
      - » Training mit Sequenzen der Struktur AAB (z.B. titiba) oder der Struktur ABB (tibaba)
      - » Test: Präsentation von neuen Sequenzen beider Strukturen (z.B. wofefe; wowofe)
      - » 7-Monate alte Säuglinge zeigten Hörpräferenz für die neue, nicht trainierte Struktur
    - Säuglinge abstrahieren Regeln, die Beziehungen zwischen Variablen repräsentieren
    - Säuglinge verfügen über mindestens zwei Arten von Mechanismen
      - » Analyse statistischer Beziehungen
      - » Formierung abstrakter Regeln
  - Auch diese Aufgabe wird von anderen Spezies (cotton-top-tamarins) bewältigt (Hauser et al., 2002)

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Input enthält eine Vielfalt von statistischer Information, die linguistisch irrelevant ist (e.g. Pinker, 1989)
  - Häufigkeit des Auftretens bestimmter Elemente an sequentiell definierten Positionen (3. Wort im Satz, 2. Phonem im Wort)
  - bestimmte Formen von Korrelationen (welche Wörter folgen besonders häufig einem Wort mit initialem /b/ etc.)
- Beschränkungen des statistischen Lernens auf linguistisch relevante Beziehungen (Saffran, 2002; Newport, 1988)
  - Spezifische Prädisposition zum Spracherwerb
  - Diese Beschränkungen für das statistische Lernen bilden möglicherweise auch Beschränkungen für die sprachliche Struktur und damit die Wurzel für sprachliche Universalien

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Sprachlicher Input enthält Hinweisreize, die seine Segmentierung in strukturell relevante Einheiten erleichtern (Sätze, Phrasen, Wörter)
  - Satz- und Phrasengrenzen sind häufig durch prosodische Markierungen (Tonhöhenverlauf, Pausen, Längungen) markiert (Cooper & Paccia-Cooper, 1980)
  - Wortsegmentierung wird durch rhythmische Eigenschaften der Sprache erleichtert (Cutler, 1994)
  - Wenn sich die Segmentierung an diesen Parametern ausrichtet, stehen dem Lernsystem strukturelle Einheiten mit linguistisch relevanter Information zur Verfügung
- Säuglinge sind von Geburt an für rhythmisch-prosodische Information aus ihrer sprachlichen Umgebung hochgradig sensitiv und nutzen diese Information in ihren Sprachverarbeitungsprozessen aus (e.g. Jusczyk, 1997)
- In kindgerichteter Sprache ist der Einsatz prosodischer Mittel zur Strukturmarkierung besonders kohärent (e.g. Fisher & Tokura, 1996)

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Limitation genereller kognitiver Ressourcen und deren graduelle Veränderungen unterstützen

## Spracherwerbsprozesse

- starting small / less is more (Elman, 1990; 1993; Newport 1988)
- Beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bedingt zunächst Fokussierung auf die Analyse lokaler Strukturen und Abhängigkeiten, bei schrittweiser Erweiterung des Verarbeitungsfensters können auf Grundlage des so erworbenen Wissens auch diskontinuierliche Relationen verarbeitet werden
- Kinder erkennen verbale Abhängigkeiten zunächst nur in stark begrenzten Domänen (Santelmann & Jusczyk, 1999)

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Nicht jede Art von statistischer Beziehung, die im sprachlichen Input auftritt, wird gelernt
  - Newport & Aslin (2004)
    - Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen nicht adjazenten Silben werden nicht gelernt (ba-di-te, ba-ku-te, ba-to-te, ba-pa-te)
    - jedoch Lernerfolg bei nicht adjazenten Phonemen:
      - sowohl bei Konsonanten (pa-go-ti, po-bu-ta, pu-ga-te)
      - als auch bei Vokalen (pa-ku-te, da-gu-be, ga-tu-ke)
  - Bei cotton-top-tamarins findet sich jedoch auch ein Lernen nicht adjazenter Silben (Newport, Hauser, Spaepen & Aslin, 2004)

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Worin könnte dieses Muster selektiven Lernens begründet sein?
  - Beziehungen zwischen nicht adjazenten Segmenten sind ein Merkmal verschiedenster Sprachen
    - Morphologische Systeme z.B. in semitischen Sprachen
      - Konsonantische Wurzeln und Bildung von Wortformen durch Einfügung verschiedener Vokale
      - Z.B. Pluralbildung im Maltesischen:
        - » qmis – qomos (Hemd – Hemden) q-m-s
        - » toqba – toqob (Loch – Löcher) t-q-b
        - » Demya – dmuy (Träne – Tränen) d-m-y

# Beschränkungen statistischen Lernens

- Vokalharmonie: Innerhalb eines Wortes können nur Vokale einer Harmonieklasse auftreten
  - z.B. Affigierung im Türkischen: phonologische Realisierung eines Affixes ist abhängig vom Vokal des Stamms
    - » kal – *mak* (bleiben)
    - » gül – *mek* (lachen)
- Beziehungen zwischen nicht adjazenten Silben sind sprachsystematisch weniger relevant



# Beschränktheit des statistischen Lernens

- Sind statistische Lernmechanismen ausreichend um den Erwerb einer Grammatik zu erklären?
  - Rekursivität
    - Wiederholte Einbettung einer Konstituenten in eine andere Konstituente:
      - Fritz sagte, dass Peter glaubte, dass Inge meinte, dass Rudi daran dachte, dass er Bier kaufen solle.  
S > NP VP  
VP > V S
      - Fritz berichtet, dass der Mann, den der Hund, der unserem Nachbarn gehört, gebissen hat, operiert wurde.
  - Rekursivität als zentrale Eigenschaft der sprachlichen Kompetenz (Hauser, Chomsky, Fitch, 2002)

# Beschränktheit des statistischen Lernens

- Rekursive Strukturen lassen sich nicht anhand einer Grammatik, die auf Übergangswahrscheinlichkeiten beruht generieren
- Cotton-top-tamarins lernen Strukturen, die nach anhand von Übergangswahrscheinlichkeiten zu beschreiben sind (ABABAB), aber keine rekursiv eingebetteten Strukturen (A(A(AB)B)B), demgegenüber lernen Erwachsene beide Strukturen (Fitch & Hauser, 2004)
- 16-Monate alte Säuglinge präferieren rekursive Strukturen gegenüber nicht-rekursiven (Fitch, Höhle & Weissenborn, in Vorb.)

# Fazit

- Säuglinge verfügen über effiziente Mechanismen zur Analyse statistischer Eigenschaften sprachlicher Stimuli
- Diese Fähigkeit kann zumindest zur Segmentierung sprachlicher Reize und zur Kategorisierung gefundener Segmente beitragen
- Sie ist weder domänenspezifisch noch artspezifisch
- Die statistischen Lernmechanismen werden durch bestimmte Merkmale gesprochener Sprache und möglicherweise durch generelle kognitive Bedingungen eingeschränkt
- Säuglinge scheinen darüber hinaus auch über Mechanismen zur Bildung abstrakter Regeln zu verfügen
- In welcher Weise diese verschiedenen Mechanismen zur Lösung der komplexen Aufgaben auf den verschiedenen Ebenen des Spracherwerbs beitragen, bleibt eine Frage für weitere Forschung
- In welcher Weise hängen die bereits im frühen Kindesalter verfügbaren Sprachverarbeitungs- und Lernmechanismen mit Spracherwerbsstörungen zusammen?